

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

SPECIFICATION

**INVENTION:**                   **OPTICAL MECHANICAL SWITCH**

**INVENTOR:**                   **Helmut RUDIGIER**  
Citizenship:               Austrian  
Post Office Address/       Sandstrasse 3  
                              CH-7310 Bad Ragaz  
Residence:                 Switzerland

**ATTORNEYS:**               **EVENSON, McKEOWN, EDWARDS & LENAHAN, P.L.L.C.**  
Suite 700  
1200 G Street, N.W  
Washington, D.C. 20005  
Telephone No.: (202) 628-8800  
Facsimile No.: (202) 628-8844

### Schalter zum optischen Schalten eines Lichtweges

Die Erfindung betrifft einen Schalter zum optischen Schalten eines Lichtweges, insbesondere zum Schalten eines Eintrittes von Licht in einen Lichtleiter, wobei der Schalter wenigstens eine Spiegelfläche zur Reflexion des Lichtes aufweist, zu deren Erstellung ein Träger mit einer reflektierenden Schicht ausgestattet ist.

Ein Schalter der eingangs genannten Gattung wird insbesondere in der Glasfaser-Telekommunikationstechnologie eingesetzt. Ein solches Bauteil erlaubt ein Umschalten von einer lichtleitenden Faser auf eine andere und wird normalerweise mechanisch aktiviert, insbesondere geschwenkt.

Derartige Schalter erlauben also das Umlenken von Licht, das aus einer lichtleitenden Faser austritt, in eine wählbare andere Faser. Die Umlenkung erfolgt durch einen Spiegel, der beweglich ist und ein hohes Reflexionsvermögen aufweisen soll, damit die Verluste an Licht, verursacht durch die Reflexion, klein bleiben. Zumeist handelt es sich um plane Spiegel.

Zur Realisierung von stark verzweigten Netzwerken, die beliebig konfiguriert werden können, werden viele derartige Schalter benötigt. Dabei ist also insbesondere von großer Bedeutung, daß derartige Schalter mit geringen Herstellungskosten herstellbar sind und daß an den Schaltern möglichst geringe Lichtverluste auftreten, die sich in einem Netzwerk sonst erheblich zu einem größeren Gesamtlichtverlust aufsummieren könnten. Dabei hängt der Verlust von Licht im Bereich des Schalters nicht nur von der Güte des verwendeten Spiegels ab, sondern auch von der Baugröße des Schalters und dem daraus resultierenden Abstand der lichtleitenden Fasern zueinander, zwischen denen ein Schaltvorgang stattfinden soll. Je kleiner der Abstand der Fasern zueinander ist, desto geringer sind die Verluste in diesem Bereich. Wie bereits erwähnt, sind geringe Verluste besonders in einem optischen Kommunikationsnetzwerk wichtig, da besonders im Falle einer Kas-

kadierung von Schaltern, es notwendig ist, das Signal zu verstärken, was wiederum mit hohen Kosten verbunden ist. An diesem Sachverhalt des möglichen Lichtverlustes und der eventuell notwendigen Verstärkung ändert prinzipiell auch nicht der herkömmliche Einsatz von Linsensystemen in derartigen Netzwerken etwas, insbesondere von sogenannten GRIN-Linsen, also Linsen mit „graded index“ mit einem wohldefinierten Brechwertprofil, die das Licht auf den Querschnitt der lichtleitenden Faser bündeln.

Herkömmlicherweise werden oftmals Schalter der eingangs genannten Gattung aus einem Leichtmetall, z. B. aus Aluminium, einstückig gearbeitet. Die Verwendung von Leichtmetall stellt sicher, daß keine großen Massen als Schalterkörper bewegt werden müssen. Die Spiegelflächen können, vorzugsweise beidseitig, aus dem Material herausgearbeitet werden, indem eine plane Spiegeloberfläche in einem Bereich des Schalters erstellt und beispielsweise hochglanzpoliert wird. Dabei muß die Spiegeloberfläche besonders gut, d. h. plan und mit geringer Oberflächenrauigkeit, gearbeitet sein, um Streulichtverluste zu vermeiden, zumal im allgemeinen recht kleine Spiegel ausgearbeitet werden, mit beispielsweise typischen Dimensionen von 3x3x10 mm oder kleiner, wobei auch die Querschnitte der lichtleitenden Fasern relativ gering sind und die Fasern von dem reflektierten Licht präzise getroffen werden müssen. Die Herstellung derartiger Spiegel benötigt also relativ aufwendige metallverarbeitende Prozesse, wie z. B. Diamantdrehen, um die notwendige Oberflächengüte und Oberflächenpräzision zu erreichen. Dies macht die Spiegelherstellung aber relativ teuer und vergrößert ggf. auch die Ausschußrate, wobei ein schlecht gearbeiteter Spiegel die Entsorgung des gesamten Schalterkörpers, aus dem der Spiegel herausgearbeitet ist, nach sich zieht.

Hinzu kommt, daß das Leichtmetallmaterial, das sich zur Herstellung präziser Spiegel auch unter Kostenaspekten gut eignet, womöglich weniger gut geeignet ist, um auch einen mechanisch zuverlässigen Schaltvorgang und eine gewisse mechanische Stabilität, insbesondere bei möglichst kleiner Baugröße zu erzielen.

Aus dem US-PS 4 878 729 ist ein gattungsgemäßer Schalter bekannt, bei dem die Spiegeloberflächen auf einem Träger aufgebracht sind, der entsprechend beschichtet ist.

Hierzu wird der Träger durch Elektrolytablagerung von Chrom beschichtet. Die wesentlichen Bereiche des Schalterkörpers werden im übrigen vorzugsweise per Spritzguß aus Kunststoff hergestellt. Es hat sich gezeigt, daß das Reflexionsvermögen nicht einwandfrei ist.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen gattungsgemäßen Schalter aufzuzeigen, der kostengünstig und mit geringer Baugröße herstellbar ist und dennoch in optischer Hinsicht und auch im Hinblick auf seine Schaltbetätigung, insbesondere in mechanischer Hinsicht, optimierbar ist.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß der Träger für die reflektierende Schicht ein Glaskörper ist.

Ein Vorteil der Erfindung liegt darin, daß mittels bekannter Polierverfahren hochwertige Glasoberflächen kostengünstig hergestellt werden können, wobei beispielsweise eine mittlere lineare Rauigkeit von  $< 0,01 \mu\text{m}$  recht einfach zu erzielen ist. Auch läßt sich mit ausgereiften bekannten Verfahren ein solcher Glaskörper sehr präzise mit einer hoch reflektierenden, optisch sehr guten Spiegelschicht versehen.

Eine nächste Weiterbildung der Erfindung sieht vor, daß der die wenigstens eine Spiegelfläche tragende Glaskörper als Spiegelement aus einer mit wenigstens einer reflektierenden Schicht versehenen Glasplatte ausgetrennt ist, insbesondere ausgeschnitten ist. Mit den herkömmlichen Glaspolierv Verfahren können nämlich in vorteilhafter Weise auch größere Glasflächen mit geringer Oberflächenrauigkeit qualitativ hochwertig hergestellt und poliert und anschließend mit der reflektierenden Schicht beschichtet werden. Auf diese Weise kann also die Fläche einer größeren Anzahl von Spiegelementen mit gleichbleibender homogener Güte erreicht werden. Aus einer derartig konfektionierten Glasplatte können dann die entsprechenden Spiegelemente ausgeschnitten werden, beispielsweise in ausreichend präziser Weise durch Ritzen und Brechen oder beispielsweise mit einer Wafersäge.

Insbesondere eine aufwendige Metallbearbeitung kann zur Herstellung der erfindungsgemäßen Spiegelemente ganz entfallen.

Vorzugsweise wird die Glasplatte bzw. wird der Glaskörper beidseitig mit einer reflektierenden Schicht versehen, was ohne weiteres ohne größeren Herstellungsaufwand möglich ist. Das Spiegelement kann damit beiseitig als Schaltelement wirken, beispielsweise in einem Kreuzungspunkt mehrerer Fasern bzw. Lichtleiter.

Ein weiterer Vorteil besteht erfindungsgemäß darin, daß das Spiegelement mit einer sehr kleinen Baugröße hergestellt werden kann, so daß die Abstände zwischen verschiedenen Fasern auch im Schalterbereich gering gehalten werden können, um auf diese Weise Lichtverluste zu vermeiden. Die Glasplatte bzw. der Glaskörper kann beispielsweise eine Dicke von etwa 0,02 bis 0,7 mm, insbesondere von etwa 0,1 bis 0,5 mm, aufweisen. Eine derartige dünne Dicke würde bei einer Metallbearbeitung große Probleme bei der Herstellung und auch bei der anschließenden Stabilität aufwerfen. Insbesondere darf sich der Spiegel selbst natürlich auch nicht durch die mechanische Beanspruchung der Schaltvorgänge mit der Zeit verziehen. Ein Glaskörper sorgt aber auch bei der genannten geringen Dicke für eine absolute Stabilität und Beibehaltung der einmal justierten Orientierung. Dabei kann die reflektierende Schicht mittels eines an sich bekannten Vakuum-Beschichtungsverfahrens auf den Träger aufgebracht werden, beispielsweise durch Verdampfen oder Sputtern.

Erfindungsgemäß wird ein hochreflektierendes Schichtsystem eingesetzt. Hierbei wird vorzugsweise Gold, Silber oder Aluminium verwendet. Zusätzlich kann die reflektierende Schicht durch eine Schutzschicht geschützt sein. Für eine solche Schutzschicht kommen insbesondere beständige, harte, dielektrische Oxide, Nitride oder Fluoride in Betracht, insbesondere dann, wenn sie vakuumtechnisch als Schutzschicht herstellbar sind. Besonders in Betracht kommen:  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{SiO}_x$ ,  $\text{MgF}_2$  und  $\text{ThF}_4$ .

Ein weiterer Vorteil des erfindungsgemäßen Schalters besteht darin, daß das in der vorbeschriebenen Weise erstellte Spiegelement als separates Teil mit optisch optimierter

Qualität hergestellt werden kann und anschließend als Fertigteil an einem separat ausgebildeten Schalterkörper angeordnet werden kann, der seinerseits wiederum im Hinblick auf die mechanischen Ansprüche optimiert worden ist. Der Schalterkörper kann beispielsweise für seine Schwenkbarkeit eine Achse oder eine Achsbohrung aufweisen.

Der Schalterkörper kann aus gießbarem oder spritzbarem, insbesondere spritzgießbarem Werkstoff hergestellt sein, also beispielsweise aus Kunststoff oder Metall.

Der Schalterkörper kann insbesondere im wesentlichen quaderförmig ausgebildet sein, wobei eine Drehachse durch eine Hauptträgheitsachse dieses Quaders orientiert sein kann. Das Spiegelement kann in eine Ausnehmung dieses Schalterkörpers an einer Seite flächenbündig angeordnet sein oder beispielsweise auch in mittlerer Tiefe in einen Schlitz dieses Körpers formschlüssig eingeführt sein. In beiden Fällen kann das Spiegelement fahnenartig von dem Schalterkörper vorragen. Insbesondere kann dieser vorragende, relativ dünne Bereich, zwischen die einander beabstandeten Fasern eingeführt sein, so daß der Abstand der Fasern zueinander entsprechend klein ausgebildet sein kann, während der Schalterkörper dennoch stabil ausgeführt und gelagert sein kann.

Das Spiegelement kann vorzugsweise an dem Schalterkörper angeklebt werden, wobei an sich bekannte Klebstoffe in Betracht kommen, insbesondere UV-härtende Klebstoffe. Eine Verklebetechnik kann beispielsweise aus der US-PS 5 868 482 entnommen werden.

Ausführungsbeispiele, aus denen sich weitere erfinderische Merkmale ergeben, sind in der Zeichnung dargestellt. Es zeigen:

Fig. 1a            ein erstes Ausführungsbeispiel eines Schalters aus dem Stand der Technik, mit einstückigem Spiegelement und Schalterkörper,

Fig. 1b            ein zweites einstückiges Ausführungsbeispiel aus dem Stand der Technik,

- Fig. 2a und 2b mögliche Arbeitspositionen eines gattungsgemäßen Schalters in einem Kreuzungs-Schaltbereich einander benachbarter lichtleitender Fasern,
- Fig. 3a ein erstes Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Schalters in perspektivischer, schematischer Darstellung,
- Fig. 3b ein zweites Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Schalters in perspektivischer, schematischer Darstellung,
- Fig. 4a und 4b ein erfindungsgemäßes Spiegelement in möglichen Schaltstellungen im Bereich einander benachbarter lichtleitender Fasern sowie
- Fig. 5a und 5b perspektivische Darstellungen eines weiteren Ausführungsbeispiels.

Die Fig. 1a und 1b zeigen in schematischer perspektivischer Ansicht mögliche Ausführungsformen herkömmlicher gattungsgemäßer Schalter. Kennzeichen dieser herkömmlichen Schalter ist insbesondere, daß die reflektierenden Flächen 2', 2'' durch Materialbearbeitung, vorzugsweise Metallbearbeitung, einstückig aus dem Werkstoff herausgearbeitet sind, aus dem auch der Schalterkörper 1 selbst mit seiner Drehachse 1' herausgearbeitet ist.

Dadurch wird die Herstellung eines solchen herkömmlichen Schalters relativ aufwendig und kostenträchtig, gleichzeitig aber in optischer und/oder mechanischer Hinsicht nicht optimiert und führt zu einer relativ großen Baugröße. In Betracht kommt als Werkstoff insbesondere Leichtmetall, wie z. B. Aluminium.

Die Fig. 2a und 2b zeigen schematisch zwei mögliche Schaltstellungen eines Schalters gemäß Fig. 1a im optischen Schaltbereich aufeinander kreuzweise zulaufender lichtleiten-

der Fasern 3 bis 6, wobei derartige Schaltmöglichkeiten auch für einen erfindungsgemäßen Schalter in Betracht kommen.

In der Fig. 2a hat der Schalter keine Schaltfunktion. Der Schalter ist um seine Drehachse 1' so geschwenkt, daß das Spiegelement 2 (mit seinen nicht näher gekennzeichneten Spiegelflächen 2' und 2'') in der Darstellung der Zeichnung aufragt und nicht in den Kreuzungsbereich der Fasern 3 bis 6 eingeschwenkt ist, also keine reflektierende Funktion ausübt. Dadurch kann beispielsweise das Licht aus der Faser 4 ungehindert in die Faser 6 eintreten und das Licht aus der Faser 5 ungehindert in die Faser 3 eintreten.

In Fig. 2b ist der Schalter in Schaltfunktion gezeigt. Das Spiegelement 2 ist jetzt in den Kreuzungsbereich der Fasern 3 bis 6 eingeschwenkt. Dadurch wird das aus der Faser 4 austretende Licht jetzt in die Faser 3 reflektiert und umgelenkt und das Licht aus Faser 5 in die Faser 6 reflektiert und umgelenkt. Es hat also dadurch ein optischer Schaltvorgang stattgefunden.

In den Fig. 3a und 3b sind Ausführungsbeispiele eines erfindungsgemäßen Schalters in schematischer perspektivischer Ansicht gezeigt. Im Vergleich zu den Fig. 1a und 1b ist offensichtlich erkennbar, daß die Spiegelemente 7 mit ihren spiegelnden Flächen 7' und 7'' nunmehr separat, optisch optimiert hergestellt sind und mit dem ebenfalls separat, mechanisch optimiert hergestellten Schalterkörper 8 verbunden sind. Dazu ist im Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 3a das Spiegelement 7 in einen Schlitz 8a formschlüssig eingeführt. Beim Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 3b ist das Spiegelement 7 in eine Ausnehmung 8b so eingebracht, daß es flächenbündig mit dem Schalterkörper 8 abschließt.

Der Schalterkörper 8 ist jeweils im wesentlichen quaderförmig ausgebildet und hat in den dargestellten Ausführungsbeispielen eine Achsbohrung 9.

Die Fig. 4a und 4b zeigen beispielhaft das Spiegelement 7 gemäß den Ausführungsbeispielen der Fig. 3a und 3b in möglichen optischen Schalteinsätzen.



Fig. 4a skizziert einen einfachen Schalter. Das Licht der Fasern 10, 12 geht in Abhängigkeit der Schalterstellung entweder in die Fasern 11 und 14, wenn nämlich das Spiegelement 7 sich nicht in Schaltstellung befindet, oder das Licht wird in die jeweilige Faser zurückreflektiert, wenn das Spiegelement 7 sich in der dargestellten Schaltposition befindet.

Entsprechend geht das Licht in Fig. 4b von Faser 10, abhängig von der Stellung des Schalters, entweder in die Faser 11 oder in die Faser 12, wobei in dem letzteren Fall das Lichtsignal aus der Faser 11 in diese zurückreflektiert wird.

Ein weiteres Ausführungsbeispiel ist in Fig. 5a skizziert. Fig. 5b zeigt den Schalterkörper 8, der eine Ausnehmung 8d enthält, die ein Verkleben ermöglicht, ohne daß Klebstoff auf die wirksame Fläche gelangt. In Weiterbildung der Ausführungsform nach Figur 3a ist anstelle eines Schlitzes 8a eine vorstehende Schulter 8c am Schalterkörper 8 vorgesehen, auf der das Spiegelement 7 angeordnet ist und in der eine Ausnehmung 8d, hier als Schlitz vorgesehen, ausgebildet ist.

Beliebige Kombinationen oder Variationen der in Fig. 4a und 4b nur beispielhaft skizzierten Anordnungen sind denkbar. In allen Fällen hängt der möglichst niedrig zu haltende Verlust an Lichtleistung, der mit der Einfügung des Schalters verbunden ist, mit dem Abstand der Fasern 10 bis 14 zusammen, und zwar derart, daß, je kleiner der Abstand der Fasern ist, desto geringer die Verluste an Licht sind. Das Spiegelement 7 kann im wesentlichen aus einem Glaskörper bzw. einer Glasplatte besonders dünn hergestellt werden, so daß auch der Abstand der Fasern zueinander sehr gering gehalten werden kann. In den Fig. 4a und 4b ist nur der Übersicht halber der Abstand zwischen den Fasern übertrieben groß dargestellt.

### Ansprüche

1. Schalter zum optischen Schalten eines Lichtweges, insbesondere eines Eintrittes von Licht in einen Lichtleiter, wobei der Schalter wenigstens eine Spiegelfläche zur Reflexion des Lichtes aufweist, zu deren Erstellung ein Träger mit einer reflektierenden Schicht ausgestattet ist, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Träger ein Glaskörper ist.
2. Schalter nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß das die wenigstens eine Spiegelfläche (7', 7'') und den Glaskörper umfassende Spiegelement (7) aus einer mit wenigstens einer reflektierenden Schicht versehenen Glasplatte ausgetrennt ist.
3. Schalter nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Glaskörper bzw. die Glasplatte beidseitig mit einer reflektierenden Schicht (7', 7'') versehen ist.
4. Schalter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Glaskörper bzw. die Glasplatte eine Dicke von etwa 0,02 bis 0,7 mm, insbesondere von etwa 0,1 bis 0,5 mm, aufweist.
5. Schalter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß die reflektierende Schicht (7', 7'') mittels eines an sich bekannten Vakuum-Beschichtungsverfahrens auf den Träger aufgebracht ist.
6. Schalter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß die reflektierende Schicht (7', 7'') als hochreflektierende Schicht, vorzugsweise aus Au, Ag oder Al ausgebildet ist.
7. Schalter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß die reflektierende Schicht (7', 7'') durch eine Schutzschicht geschützt ist.

8. Schalter nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Schutzschicht im wesentlichen aus  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{SiO}_x$ ,  $\text{MgF}_2$ ,  $\text{ThF}_4$  oder ähnlichen beständigen, harten, dielektrischen Oxiden, Nitriden oder Fluoriden ausgebildet ist.
9. Schalter nach Anspruch 7 oder 8, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Schutzschicht vakuumtechnisch herstellbar ist.
10. Schalter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß der die reflektierende Spiegelfläche (7', 7'') aufweisende Träger an einem Schalterkörper (8) angeordnet ist.
11. Schalter nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Schalterkörper (8) für seine Schwenkbarkeit eine Achse oder eine Achsbohrung (9) aufweist.
12. Schalter nach Anspruch 10 oder 11, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Schalterkörper (8) aus gießbarem bzw. spritzgießbarem Werkstoff hergestellt ist.
13. Schalter nach einem der Ansprüche 10 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Träger am im wesentlichen quaderförmigen Schalterkörper (8) flächenbündig in einer Ausnehmung (8b) angeordnet ist.
14. Schalter nach einem der Ansprüche 10 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Träger am im wesentlichen quaderförmigen Schalterkörper (8) etwa in Höhe mittlerer Tiefe, vorzugsweise im Formschluß, eingesetzt ist.
15. Schalter nach einem der Ansprüche 10 bis 14, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Träger vom Schaltkörper (8) etwa fahnenartig vorragt.
16. Schalter nach einem der Ansprüche 10 bis 15, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Träger mit dem Schalterkörper (8) verklebt ist.

### **Zusammenfassung**

Bei einem Schalter zum optischen Schalten eines Lichtweges, insbesondere eines Eintrittes von Licht in einen Lichtleiter, wobei der Schalter wenigstens eine Spiegelfläche zur Reflexion des Lichtes aufweist, zu deren Erstellung ein Träger mit einer reflektierenden Schicht ausgestattet ist, ist der Träger als Glaskörper ausgebildet.